

Szerves- és műtrágyák tápelemtartalmának érvényesülése tartamkísérletekben. I. Nitrogénforgalom

SARKADI JÁNOS

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A martonvásári tartamkísérletek terméseredményeiről már több ízben beszámoltunk (SARKADI et al., 1964; SARKADI & BÁNÓ, 1967; SARKADI, 1975, 1976, 1991). E közlemény az OTKA T 5107 számú kutatási szerződés támogatásával készült.

Anyag és módszer

A különböző szerves és szervetlen trágyák hatásait 1956 óta vizsgáljuk. Talajunk SZŰCS (1963) szerint erdőmaradványos csernozjom. Területünkön 1945-ig intenzív uradalmi gazdálkodás folyt. Az utolsó szerves trágyázás éve ismeretlen, feltehetően 1945 előtt történt. Eredetileg négyszakaszos, pillangóst is tartalmazó, 4 egymás utáni évben "emeletesen" kiterített vetésforgót állítottunk be 100 m²-es bruttó parcellákon. Az első évi tapasztalatok alapján a nitrogén mérleg becslését megnehezítő pillangós szakaszt elhagytuk és a kísérleteket kukorica - búza dikultúrában folytattuk. Közülük az 1.1 és 1.4 jelűek máig fennmaradtak. Növényi sorrendjüket az 1. táblázat tartalmazza.

Az 1.1 kísérletben a humuszréteg vastagsága 70-90 cm, a szántott réteg közel semleges. Az 1.4 jelű a tábla mélyebb, erodált részén fekszik, a humuszos réteg csak 30-50 cm. A 0-20 cm-es réteg átlagos CaCO₃-tartalma 10 % körül ingadozik.

A cél kezdetben a különböző szerves anyagok, mint az istállótrágya, tőzegkorpa, lignit, szalma, szár és a csak műtrágyák felhasználásán alapuló trágyázási rendszerek hatásainak vizsgálata volt (SARKADI & BÁNÓ, 1967).

Az idők folyamán változtak a kutatás szempontjai. A nehezen bomló tőzeglignit - komposztokat elhagytuk és helyettük különböző adagú istállótrágya és műtrágya kombinációkat vizsgáltunk. Törekedtünk azonban arra, hogy a kezeléseink egy részét változatlanul hagyjuk. A többé-kevésbé azonos kezeléseink évi átlagos N-adagjai a 2. táblázatban láthatóak.

A 40-60 t/ha almos szarvasmarhatrágyát négyévenként az első kukorica szakasz előtt szántottuk a talajba. Az istállótrágyák átlagos N-tartalma 0,7 % volt

1. táblázat
A kísérletek növényi sorrendje (Martonvásár, 1956-1991)

(1) Év	(2) Rotáció	(3) 1.1. kísérlet	(2) Rotáció	(4) 1.4. kísérlet
1956	I.	kukorica, Mv 5		(t. árpa)
1957		tavaszi árpa, MFB 105		(z. bükköny)
1958		zabos bükköny		(őszi búza)
1959		őszi búza, B 1201	I.	kukorica Mv-39
1960	II.	kukorica, Mv-39		t. árpa MFB 102
1961		kukorica, Mv40		szudánifű
1962		őszi búza, Bezosztája 1		őszi búza, Bezosztája 1
1963		őszi búza, Bezosztája 1	II.	kukorica, Mv1
1964	III.	kukorica, Mv1		kukorica, Mv 40
1965		kukorica, Mv 40		őszi búza, Bezosztája 1
1966		t. búza, Fortunato		őszi búza, Bezosztája 1
1967		őszi búza, Bezosztája 1	III.	kukorica, Mv 602
1968	IV.	kukorica, Mv602, Mv620		kukorica Mv 40
1969		kukorica, Mv 570		őszi búza, Bezosztája 1
1970		őszi búza, Bezosztája 1		őszi búza, Bezosztája 1
1971		őszi búza, Bezosztája 1	IV.	kukorica, Mv 602
1972	V.	kukorica, Mv 596		kukorica, Mv 380
1973		kukorica, Mv 431		őszi búza, Aurora
1974		őszi búza, Mv 2		őszi búza, Kavkáz
1975		őszi búza, Mv 2	V.	kukorica, Mv 580
1976	VI.	kukorica, Mv 580		kukorica, Mv 380
1977		kukorica, NK PX 20		őszi búza, Mv 4
1978		őszi búza, Mv 4		őszi búza, Mv 4
1979		őszi búza, Mv 4	VI.	kukorica, LG-9
1980	VII.	kukorica, JX-92		kukorica, JX-92
1981		kukorica, Anjou-256		őszi búza, Mv 8
1982		őszi búza, Mv 8		őszi búza, Mv 8
1983		őszi búza, Mv 8	VII.	kukorica, JX-97
1984	VIII.	kukorica, JX-97		kukorica, NK PX 14
1985		kukorica, Mv 335		kukorica, Bermagold
1986		őszi búza, Mv 8		őszi búza, Mv 8
1987		őszi búza, Mv 8	VIII.	kukorica, NK PX 9283
1988	IX.	kukorica, Pi 3732		kukorica, NK PX 9283
1989		kukorica, NK PX 9283		őszi búza, Mv 15
1990		őszi búza, Mv 15		őszi búza, Mv 15
1991		őszi búza, Mv 15		

0,15 % szórással 0,5-1,1 szélső értékkel. A 3. kezelésben a 2. kezelésben adott istállótrágya átlagos NPK-tartalmával azonos hatóanyagtartalmú műtrágyát adagoltunk évente. A többi kezelésben ugyancsak évente adtuk a műtrágyákat pété-

2. táblázat
A szerves- és műtrágyákkal adott nitrogén (kg/N/ha/év)
(Martonvásár, 1956-1991)

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Ø	I	M ₁	I+M	M ₂	M ₁	Sz+m ₁	Sz+m ₂
<i>A. 1.1 kísérlet, 1956-1991</i>								
a) Szervestrágya	-	62	-	57	-	-	26	25
b) Műtrágya	-	-	62	70	125	139	50	97
c) Összesen	-	62	62	127	125	139	76	122
<i>B. 1.4 kísérlet, 1959-1990</i>								
a) Szervestrágya	-	84	-	84	-	12*	26	26
b) Műtrágya	-	-	84	85	160	154	84	159
c) Összesen	-	84	84	169	160	166	110	185
<i>C. 1.1 és 1.4 kísérlet átlaga</i>								
a) Szervestrágya	-	72	-	70	-	6	26	26
b) Műtrágya	-	-	72	77	142	146	66	126
c) Összesen	-	72	72	147	142	152	92	152

I = istállótrágya; Sz = búzaszalma, ill. kukoricaszár; M, m = műtrágyák;

* 1959-ben 390 kg/ha tőzegkorpa-N, a következő évben csak műtrágyák

só, ill. ammónium-nitrát, szuperfoszfát és 40, majd 60 %-os kálisó formájában. A PK-műtrágyákat és a N felét ősszel, szántás előtt, a második felét tavasszal vetés előtt ill. fejtrágyaként szórtuk ki.

A 7. és 8. kezelésben a 2. ciklustól kezdve az 1. és 2. szakaszok után 7 t/ha kukoricaszárát, a búza szakaszok után 5 t/ha szecskázott búzaszalmát szántottunk alá.

A búzaterméseket kezdettől fogva parcellakombájnnal, a kukoricát eleinte kézzel, majd a 80-as évektől kezdve szintén parcellakombájnnal takarítottuk be, az MTA Mezőgazdasági Kutató Intézet munkatársainak irányításával.

A tápelemek hasznosulását, a tápelem mérlegek alakulását a szerves- és műtrágyákból, valamint a betakarított növényekből vett minták elemzése alapján becsültük. A szerves- és műtrágyákból az adagok kimérésekor vettük a mintákat. A kb. 1 kg-os istállótrágya mintákat speciális aprítógéppel nedvesen homogenizáltuk.

A növénymintavétel 10-20 tő/parcella kukorica, ill. 0,5 m²/parcella búza növényi anyagot jelentett. A búzaszem, továbbá a későbbiekben a kukoricaszem mintákat a kombájnolt termésből vettük. A légszáraz minták N-tartalmát H₂SO₄ + H₂O₂-os roncsolás után FÜLEKY (1970) szerint határoztuk meg. Az ered-

ményeket 86 % szárazanyag-tartalmú termésekre, ill. a trágyaként felhasznált szár- és szalma minták adatait az eredeti nedvességtől anyagra számoltuk át.

Eredmények

Az 1956-1990 időszakban a kísérleti területen betakarított kukorica- és búzatermések, valamint ezek N-tartalmának jellemzésére a 3. táblázatban bemutatjuk az összes mért és vizsgált adat átlagait, szórásait, a középső (medián), valamint a legnagyobb és legkisebb értékeket, továbbá az adatok számát (n).

Az átlagok viszonylag jól egyeznek a régebbi vizsgálataink értékeivel (SARKADI, 1975). Az adatok között a trágyázatlan parcellákon termett, továbbá az elmúlt évtizedek kevésbé intenzív fajtái is szerepelnek, így a közölt átlagok valamivel kisebbek pl. a Kádár (1992) által becsülteknél. Megemlítjük még, hogy bár a vizsgált eloszlások nem minden esetben voltak normálisak, közelí-

3. táblázat
A kukorica és búza termését és N-tartalmát jellemző mutatók
(Martonvásár, 1956-1991)
(86 % száraz anyagra számítva)

	X	s	CV	Med.	Max.	Min.	n
<i>A. Kukorica</i>							
a) Szem, t/ha	6,3	1,8	29	6,3	11,4	0,9	386
b) Szár, t/ha	5,2	1,6	31	5,1	9,2	1,3	362
c) Csutka, t/ha	1,1	0,3	28	1,1	1,9	0,2	338
d) Szem N %	1,39	0,15	11	1,38	1,77	0,91	386
e) Szár N %	0,70	0,19	27	0,67	1,30	0,35	348
f) Csutka N %	0,40	0,12	30	0,38	1,04	0,19	242
g) Fajlagos N, kg/t	20,4	3,2	16	20,2	41,4	12,4	362
h) Kivont N, kg/ha	128	40	31	129	264	29	362
<i>B. Őszi búza</i>							
a) Szem, t/ha	4,0	1,2	30	4,0	6,9	1,3	332
i) Szalma, t/ha	4,0	1,5	37	3,8	9,6	1,0	296
j) Pelyva, t/ha	1,2	0,3	25	1,2	2,2	0,4	296
d) Szem N %	1,92	0,24	12	1,94	2,97	1,22	332
k) Szalma N %	0,49	0,18	37	0,45	1,16	0,20	296
l) Pelyva N %	0,55	0,15	27	0,55	1,12	0,20	296
g) Fajlagos N, kg/t	25,7	4,0	16	25,7	43,3	17,1	296
h) Kivont N, kg/ha	105	39	37	103	204	32	296

tőleg állítható, hogy az adatok mintegy 95 %-a az átlag $\pm 2s$ tartományban található.

Ezután megvizsgáltuk, hogy milyen tényezők befolyásolják a vizsgált tulajdonságokat. Kétségtelen, hogy a változékonyság legfőbb oka az "évhatás". Ezen belül a trágyahatások közötti különbségek megbízhatóságát az itt nem részletezett variancia-analízisekben a SPSS MANOVA program alapján becsültük. Ismétlésként az évek szerepeltek, a tényezők közül a kezeléseken kívül a két kísérleti helyet (1.1 és 1.4), valamint a két-két szakaszt (1-2 és 3-4) és kölcsönhatásaikat vizsgáltuk, növényfajonként, ill. tulajdonságonként. Az "évhatás" jelentőségét az is bizonyítja, hogy az "évek" szórása az esetek túlnyomó többségében jóval nagyobb volt mint a kezeléseké.

Az 1.1 és 1.4 kísérlet talaja és a kezelések N-adagjai ugyan eléggé eltérnek, de a "kísérlet" x "kezelés" kölcsönhatás egy esetben sem, és a "kísérlet"-hatás is csak néhány tulajdonságnál volt igazolható.

Ugyancsak nem voltak bizonyíthatók sem a kukorica-, sem a búzakísérletek átlagában a "kezelés" x "szakasz" kölcsönhatások. A "kezelés" átlaghatások viszont mind a termések, mint a N-tartalmak esetében erősen szignifikánsak voltak. Ezért a kezelések hatásait a két kísérleti helyen betakarított összesen 34 kukorica- és 30 búzakísérlet átlagában mutatjuk be a 4. táblázatban.

Az adatokból látható, hogy a négyévenként az első szakasz, azaz a kukorica előtt alászántott istállótrágyák (2. kezelés) és a 3. kezelésben a kukorica szakaszokra jutó, mintegy feleannyi műtrágya-hatóanyagok azonos mértékben növelték a kukorica fő- és melléktermését, valamint ezek N-tartalmát. A 3. kezelés 3. és 4. szakaszában is műtrágyázott búzáknak termése természetesen szignifikánsan felülmúlta a 2. kezelését, de a trágyázatlan kontrollhoz viszonyítva az istállótrágya az alászántás utáni 3. és 4. évben is igazolhatóan fokozta a búza termését és N-tartalmát.

Az N-adag megduplázása (4., 5. és 6. kezelés) a kukorica termését átlag mintegy 5 %-kal, a búzáét kereken 12 %-kal növelte. Ugyancsak nagyobb mértékben növekedett a búza %-os és fajlagos N-tartalma, mint a kukoricáé.

A 4., 5. és 6. kezelés termésnövelő átlaghatásai között sem a kukorica, sem a búza esetében nem voltak igazolható különbségek. A búza %-os N-tartalmát azonban legjobban az 5., azaz a csak műtrágyázott kezelés növelte. A 3. és 7. ill. az 5. és 8. kezeléseken termett növények átlagtermései, valamint N-hozamai azonosnak tekinthetők.

Nagyon valószínű, hogy a N-forgalmat a tápanyagellátáson kívül a fajták is befolyásolják. Sajnos a fajta-hatást szabatosan csak 1968-ban, az 1.1 kísérletben lehet mérni. Ekkor az Mv-620 hibrid N-tartalma valamivel nagyobb volt, mint az Mv 602-é, de egy év adataiból nem kívánunk komolyabb következtést levonni.

Azonos őszibúza-fajták több kísérletben is szerepeltek. 10 kísérletben Bezostája 1, 7 kísérletben Mv-8 volt a jelzőnövény (lásd 1. táblázat). Feltételezhető, hogy az időjárás okozta ingadozások már többé-kevésbé elhanyagolhatók,

4. táblázat
A kezelések hatása a kukorica és búza termésére és N-tartalmára
(Martonvásár, 1956-1991, 86 % száraz anyagra számítva)

1	2	3	4	5	6	7	8	(1)
Ø	I	M ₁	I + M	M ₂	M ₃	Sz + m ₁	Sz + m ₂	SzD _{5%}
A. Kukorica								
a) Szem, t/ha	6,4	6,4	6,7	6,6	6,6	6,6	6,8	0,4
b) Szár, t/ha	5,0	5,1	5,4	5,4	5,3	5,1	5,4	0,4
c) Csutka, t/ha	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,1
d) Szem N %	1,37	1,37	1,43	1,46	1,44	1,36	1,43	0,04
e) Szár N %	0,67	0,70	0,76	0,77	0,79	0,69	0,75	0,10
f) Csutka N %	0,42	0,41	0,43	0,44	0,44	0,40	0,41	0,04
g) Fajlagos N, kg/t	19,9	20,3	21,2	21,6	21,8	19,8	21,3	1,2
h) Kivont N, kg/ha	118	123	138	139	139	125	137	11
B. Őszi búza								
a) Szem, t/ha	3,2	4,0	4,5	4,6	4,6	4,0	4,5	0,3
i) Szalma, t/ha	3,1	4,0	4,4	4,6	4,6	3,9	4,4	0,3
j) Pelyva, t/ha	1,0	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	0,1
k) Szem N %	1,70	1,84	2,03	2,13	2,08	1,85	2,04	0,16
l) Szalma N %	0,39	0,46	0,53	0,61	0,59	0,43	0,54	0,07
l) Pelyva N %	0,48	0,53	0,56	0,62	0,62	0,53	0,63	0,05
g) Fajlagos N, kg/t	22,1	24,5	27,1	28,6	28,2	24,2	27,3	2,1
h) Kivont N, kg/ha	71	97	120	128	126	96	121	15

5. táblázat
Bezostája 1 és Mv8 őszibúzafajtaik trágyahatásai
(Martonvásár, 1962-1987)

ill. ismétlésnek tekinthetők. A 10, ill. 7 kísérletből számított átlagokat tartalmazó 5. táblázatból látható, hogy a korszerűbb Mv-8 fajtának nemcsak az átlagtermése, hanem N-tartalma, továbbá a műtrágyázás termésmenvelő és N-hozamemvelő hatása is nagyobb volt, mint a Bezosztája 1-é. Ez utóbbi állítás erősen valószínű, bár szabatosan nem igazolható. A VI-VIII. rotációban szereplő Mv-8 fajta u.i. több nitrogént kapott mint az I-IV. rotációban a Bezosztája 1. E talajtípuson BALLÁNE (1974a) kísérletei is igazolták, hogy a nitrogén utóhatása is jelentős, ezért sajnos pontosan nem állapítható meg, hogy e két fajta termésével felvett N-többlet mennyiben tulajdonítható a genetikai tulajdonságoknak és mennyiben a jobb N-ellátottságnak.

Kétségtelen azonban, hogy mindkét fajta és - az itt nem részletezett adatok szerint - a többi búzafajta vizsgálatai is igazolják, hogy az istállótrágya 3. és 4. évi N-hozamemvelő utóhatásai már jóval kisebbek a frissen adott műtrágyákénál. Ez a tény a szakirodalomban közismert. A múlt század közepe óta a világ számos helyén végzett kísérletekből és vizsgálatokból megállapítható, hogy az istállótrágya N-tartalmának hasznosulása vagy érvényesülése, ill. műtrágya-N egyenértéke számos tényezőtől, mint pl. az istállótrágya minőségétől, adagjától, az alkalmazás gyakoriságától, a kísérletek talajától, tartamától, növényi szerkezetétől és sorrendjétől stb. függ. Az első évi hasznosulást általában 15-30 %-ra, a hosszabb időszak alattit 30-60 %-ra teszik (SARKADI, 1975; FINCK, 1979; BEER et al., 1990 stb.).

A valódi hasznosulást természetesen nem ismerjük, csak a trágyázás hatására a növényekkel felvett N-többletből számított látszólagos hasznosulást, vagy érvényesülést tudjuk megbecsülni. Ezen értékeket is megtévesztő lenne a N-utóhatások miatt évenként vagy akár rotációnként kiszámítani. A 6. táblázatban ezért az adott és a növények betakarított föld feletti termésével kivont nitrogént, valamint N-többleteket, továbbá a látszólagos N-érvényesüléseket a kísérletek első évétől kezdve, a 8., 16. stb. évben összegezve, azaz halmozottan számoltuk ki.

E táblázatban a 6. kezelés adatai nem szerepelnek, mert a látszólagos érvényesüléseik gyakorlatilag megegyeztek az 5. kezelésekből mértekkel.

A 6. táblázatból látható, hogy a 32. évben az 1.1 kísérletben, ahol négyévenként átlag 37 t/ha istállótrágyát és összesen 1920 kg/ha nitrogént adtunk, az egy évre számított 60 kg/ha istállótrágya-N látszólagos érvényesülése 40 % volt. Az 1.4 kísérletben a négyévenkénti átlag 48 t/ha istállótrágyában adott összesen 2690 kg - évi 84 kg/ha - nitrogénből ugyan több nitrogént vettek fel a növények, mint az 1.1 kísérletben, de ez a több nitrogén a csökkenő hozadék törvényének megfelelően csak 32 %-os érvényesülést jelentett.

Az istállótrágya hatására mért N-többlet évi eloszlása természetesen erősen ingadozott. A kísérletek átlagában 32 év alatt a négyévenkénti átlag 42 t/ha istállótrágya hatására az első évben 41, majd 26,5 - 18,6 - 16,2 összesen 102,3 kg N-többletet mértünk.

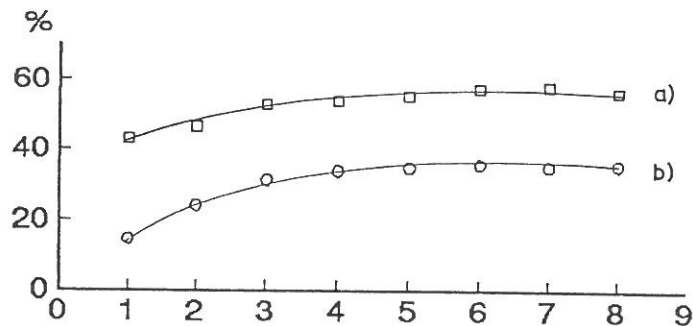
Ez azt jelenti, hogy az istállótrágya-N 4 évi hatásának évenkénti megoszlása 40 - 26 - 18 - 16 %-nak, ill. 10 t/ha istállótrágyában adott kerekén 70 kg N lát-

6. táblázat
A kezelések N-tartalmának halmozott látszólagos érvényesülése (Martonvásár, 1-32. év)

(1) Kezelés	(2) 1.1. kísérlet (1956-1987)				(3) 1.4. kísérlet (1959-1990)				(4) 1.1. és 1.4. állaga			
	1-8	1-16	1-24	1-32	1-8	1-16	1-24	1-32	1-8	1-16	1-24	1-32
A. Adott N, kg/ha/év												
2., 3.	72	66	62	60	68	68	75	84	70	67	68	72
4.	115	116	122	124	135	135	149	169	125	126	135	146
5.	107	112	119	122	135	135	149	160	121	124	134	141
7.	72	66	66	71	77	86	96	110	75	76	81	90
8.	99	91	96	113	145	153	170	185	122	122	133	149
B. Kivont N, kg/ha/év												
1.	59	61	62	65	57	59	62	71	58	60	62	68
C. Kivont N-többlet a Ø-hoz, kg/ha/év												
2.	16	24	24	24	18	21	25	27	17	23	24	26
3.	24	30	31	33	41	41	47	48	32	36	39	41
4.	30	44	51	58	50	51	58	57	40	47	54	57
5.	30	48	54	60	63	63	69	66	47	56	61	63
7.	25	26	28	32	39	43	48	50	32	35	38	41
8.	31	41	43	52	63	62	67	65	47	52	55	59
D. Látszólagos érvényesülés (100 kiv. többlet/adott)												
2.	21	36	39	40	27	31	33	32	24	34	36	36
3.	33	46	50	56	61	61	63	57	46	54	57	57
4.	26	38	42	47	37	37	39	34	32	37	40	39
5.	28	43	45	49	47	46	46	41	39	45	46	45
7.	35	40	43	44	50	50	50	45	43	46	47	45
8.	31	45	45	46	44	41	40	35	38	43	41	40

szólagos érvényesülése - a hatások nem lineáris voltát elhanyagolva - mintegy 10 - 6 - 5 - 4 kg nitrogénnek adódott.

Az eredményekből azonban arra is következtethetünk, hogy az istállótrágya-N érvényesülése négy évnél is tovább tart. A 6. táblázat adataiból, valamint az 1. ábrán kumulált rotációként bemutatott látszólagos érvényesülésekből kitűnik, hogy az első 4 évben számított 15 %-os érvényesülés 3-4 rotáció, azaz 12-16 év alatt 30-40 %-ra növekedett. A 3. kezelésben adott műtrágya-N érvényesülése



1. ábra

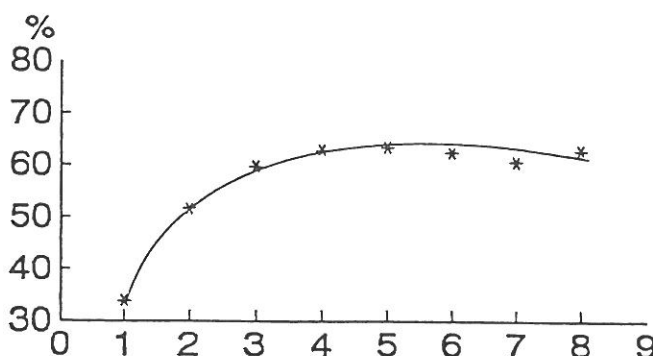
Halmozott látszólagos N érvényesülések, a kísérletek átlagában. a) Műtrágya (M_1 kezelés); b) Istállótrágya. Vízszintes tengely: rotáció.

az irodalmi adatokkal összhangban - minden rotációban felülmúlta az istállótrágya nitrogénjét, bár a 16. évtől kezdve a növekvő N-adagú 1.4 kísérletben és így a két kísérlet átlagában az érvényesülés növekedésének mértéke jóval kisebb volt, mint a 2. kezelésben adott nitrogéné.

Mivel a 2. és 3. kezelésben egy-egy rotáció alatt azonos mennyiségű nitrogént adtunk, a két kezelés hatására kapott N-többletek hányadosából az istállótrágya N-műtrágya egyenértékére következtethetünk.

A 2. ábráról látható, hogy az első 4 év után becsült mintegy 30 %-ról a 4.-5. rotációban már kereken 60 %-ra növekedett az istállótrágya-N műtrágya egyenértéke. Kísérleteink átlagában 32 év alatt a műtrágya-N hatása kereken 1,6-szor volt nagyobb az istállótrágyáénál, így 10 t istállótrágya műtrágya-N egyenértékét az első évben 16, majd 10, 7 és 6 kg, összesen 39, kereken 40 kg-nak becsülhetjük.

A 6. táblázat szerint a 4. kezelés, azaz az istállótrágya és műtrágyák együttes N-hozamnövelő hatása mindkét kísérletben valamivel kisebb volt az 5. kezelésénél. Kísérleteink eddig - KRÁMER (1979) eredményeihez hasonlóan - az istállótrágya és az NPK-műtrágyák pozitív kölcsönhatását nem igazolták. A 32.



2. ábra

Az istállótrágya halmozott N-műtrágya egyenértéke, a kísérletek átlagában.
Vízszintes tengely: Rotáció.

év végén az 1.1 kísérletben a 4. kezelés hatására mért N-többlet gyakorlatilag megegyezett a 2. és 3. kezelés hatására felhalmozott többlet összegével.

Az 1.4 kísérletben a csökkenő hozadék törvénye, azaz az ellaposodó N-hatásgörbék miatt negatív volt a kölcsönhatás. A 2. és 3. kezelés hatására felvett évi $27 + 48 = 75$ kg/ha N-többlet jelentősen nagyobb volt a 4. kezelésben mért 57 kg-nál.

A N-hatásgörbéket az itt nem részletezett számításaink szerint az esetek többségében az origón átmenő négyzetes függvényekkel ($y' = bx + cx^2$, ahol x = az egy-egy időszakban a műtrágyában adott kg N/ha/év, y = a műtrágyák hatására kivont N-többlet kg/ha/év) jól le lehetett írni.

A függvények kezdeti meredekségét jelző b értékek az évek előrehaladásával általában növekedtek. A 6. ciklustól kezdve a paraméterek már közel álltak egymáshoz. A 7. táblázatból, ahol példaképpen a 32 év folyamán kivont, valamint az adott nitrogénből számított N-többleteket mutatjuk be, jól látható, hogy a 3. és 5. kezeléseknél a mért és számított értékek igen jól egyeztek. A 4. kezelésben adott istállótrágya, ill. a 7. és 8.-ban alászántott szalma és szár N-tartalma műtrágya egyenértékének becslésekor feltételeztük, hogy az ezen kombinációban adott műtrágya-N hatékonysága is az egyenlet szerint alakult. A 7. táblázat alapján közölt egyenletből számított, az M , ill. az m_1 és m_2 sorokban szereplő adatokat az y oszlopban a mért, az y' oszlopban pedig a számított N-többletekből vontuk ki. E becslés során feltételeztük, hogy a 4., 7. és 8. kezeléseknél csak a szerves-trágyák kisebb érvényesülése miatt kaptunk kisebb értéket a műtrágyákból számítottnál, tehát az $(I+M)-M$, ill. az $(Sz+m)-m$ különbség a szerves-trágya hatására kapott N-többletet jelzi. Az Y' oszlopban e különbségekből a hatásgörbe megfelelő szakaszán szereplő műtrágyák hatékonyságára következtethetünk. Így az 4., 7. és 8. kezeléseknél adott szerves-trágyák műtrágya egyenértékét is az y/y' hányadosából becsültük.

7. táblázat
32 év alatt kivont N-többletek (kg/ha/év)
(1.1 és 1.4 kísérletek évi átlagai)

(1) Kezelés	y	y'	100y/y'
2. I	25,7	41,0	63
3. M ₁	40,7	41,0	101
4. I + M	57,0	63,9	89
M	43,7	43,7	
I	13,3	20,2	66
5. M ₂	62,9	62,9	100
7. Sz + m ₁	40,7	48,7	84
m ₁	38,1	38,1	
Sz	2,6	10,6	25
8. Sz + m ₂	59,4	64,6	92
m ₂	59,0	59,0	
Sz	0,4	5,6	7

y = mért érték; y' = $0,704x - 0,00183x^2$ egyenletből számított;
100y/y' = becsült műtrágya-egyenérték

E becslés szerint a 4. kezelésben adott istállótrágyák átlagos műtrágya-egyenértéke - figyelembe véve a becslések bizonytalanságát - gyakorlatilag megegyezett a 2. kezelésben mértékkel.

Közismert, hogy az önmagában adott, tág C/N arányú növényi melléktermékek termés-csökkenést okoznak, viszont N-műtrágya kiegészítéssel a termés-depresszió megszüntethető, sőt bizonyos idő múlva N-tartalmuk kisebb-nagyobb része, pl. POWER és PAPENDICK (1985) szerint 0-20 %-a érvényesülhet. ANSORGE (1964), RAUHE (1968), BALLÁNÉ (1974b), BEER és szerzőtársai (1990) és még számos szerző közleményéből megállapítható, hogy az érvényesülés sok tényezőtől, mint pl. a talaj- és éghajlati tulajdonságoktól, a felhasznált szerves anyag összetételétől, alkalmazási módjától és idejétől stb. függ.

Természetesen a gabona-szalma és szár elsősorban K-forrás. Adataink szerint azonban bizonyos mértékig a N-műtrágya felhasználást is csökkenthetik. A 7. táblázatban közölt adatok szerint a csökkentés gyakorlati hasznát a műtrágyázás mértéke is befolyásolja. Évi 50-80 kg/ha műtrágya-N felhasználásakor a szalma és szár N-tartalmának műtrágya egyenértéke átlagosan mintegy 25 %-ra tehető. A nagyobb, 100-150 kg N/ha adagok mellett becslésünk szerint a melléktermékek hatékonysága már elenyésző volt.

A kísérleteink beállítása óta eltelt 32-36 év eddig feldolgozott adatai is igazolják, hogy ezen a csernozjom jellegű talajon - bár csak műtrágyázással is fenntartható a talaj termékenysége - a rendszeres istállótrágyázással jelentősen,

a szalma trágyázással pedig kisebb-nagyobb mértékben csökkenthető a N-műtrágya felhasználás is.

Összefoglalás

Martonvásáron, erdőmaradványos csernozjom semleges kémhatású és karbonátos változatain két tartamkísérletben vizsgáljuk az istállótrágya, búza-szalma és kukoricaszár, valamint a műtrágyák hatásait kukorica-búza dikultúrában a növények termésére és N-tartalmára. Bemutatjuk az 1956-1991 időszakban vizsgált fő- és melléktermékek, valamint N-tartalmuk változékonyságára jellemző paramétereket. A változékonyság okainak statisztikai elemzése is igazolta, hogy legnagyobbak az évek okozta szórások. Az eltérő talajtulajdonságok és az elővetemények okozta különbségek nem voltak igazolhatók, de szignifikánsak voltak az átlagos trágyahatások és egyes esetekben a fajták közötti különbségek is.

Ez utóbbiak eredményeiből az is kitűnt, hogy a korszerű, intenzív búzafajtáknak nemcsak az átlagtermése, hanem a műtrágyázásnak a növények N-felvételét fokozó hatása is nagyobb volt a régi extenzívebb fajtákénál.

A szerves- és műtrágyák N-tartalmának látszólagos érvényesülését, ill. a szervestrágyák N-műtrágya egyenértékét a növények föld feletti részével felvett, a trágyázatlan kontrollhoz viszonyított, évenként kumulált N-többletek alapján ítéltük meg. E számítások szerint a négyévenként adott, kereken 40 t/ha istállótrágyák N-műtrágya egyenértéke az első négy év után becsült 30-40 %-ról 16-20 év után már 50-70 %-ra növekedett.

Kísérleteink beállítása óta eltelt 36 év eddigi feldolgozott adatai is igazolják, hogy ezen a csernozjom jellegű talajon - bár csak műtrágyázással is fenntartható a talaj termékenysége - a rendszeres istállótrágyázással jelentősen, a szalmatrágyázással pedig kisebb-nagyobb mértékben csökkenthető a N-műtrágya felhasználása is.

Irodalom

- ANSORGE, H., 1964. Ergebnisse von Strohdüngungsversuchen. Ztsch. Landw. Vers. u. Untersuchungswesen. 10. 21-29.
- BALLA, H., 1974a. The value of residual fertilizer NPK and phosphorus in a long-term experiment. Agrokémia és Talajtan. 23. 86-92.
- BALLA A-NÉ, 1974b. Trágyázási kutatások eredményei. 3. Szalma és kukoricaszár trágyázás. Kutatóintézetek Ellátó Állomás, Budapest.
- BEER, K., KORIATH, H. & PODLESÁK, W., 1990. Organische und mineralische Düngung. Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin.
- FINCK, A., 1979. Dünger und Düngung. Verlag Chemie. Weinheim. New York.

- FÜLEKY GY., 1970. A dead-stop végpontjelzés nátriumhipobromitos titrálás alkalmazása növényi anyagok és műtrágyák nitrogéntartalmának meghatározására. *Agrokémia és Talajtan.* **19.** 339.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI. Budapest.
- KRÁMER M., 1979. Az istállótrágyázás és a műtrágyázás kölcsönhatásainak vizsgálata tartamkísérletekben. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységére. Ankét. 94-107. MTA TAKI. Budapest.
- POWER, J. F. & PAPENDICK, R. I., 1985. Organic sources of nutrients. In: ENGELSTADT, O. P.: *Fertilizer Technology and Use.* 503-529. Soil Sc. Soc. Amer. Madison, Wisc. USA.
- RAUHE, K., 1968. Wirtschaftseigene Düngemittel. In: SCHARRER, K. & LINSE, H.: *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung.* II. 907-1001.
- SARKADI, J., GYÓRFFY, B. & BALLA, H., 1964. Wirkung der Düngersysteme ohne Anwendung von Stallmist auf ungarischen Tschernosemböden. *Agrokémia és Talajtan.* **13.** 129-138.
- SARKADI J. & BÁNÓ T., 1967. Szerves és műtrágyák hatásának vizsgálata tartamkísérletekben. In: *Trágyázási kísérletek, 1955-1964.* 74-95. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. *Mezőgazd. Kiadó.* Budapest.
- SARKADI, J., 1976. Einfluss von organischen und Mineraldüngen auf die Fruchtbarkeit tschernozemartigen Böden. *Agrochimica.* **20.** 447-457.
- SARKADI J., 1991. Szerves és műtrágyák hatása a búza és kukorica termésére. *Agrokémia és Talajtan.* **40.** 87-96.
- SZÚCS L., 1963. A martonvásári kísérleti telep talajviszonyai. *Agrokémia és Talajtan.* **12.** 299-318.

Érkezett: 1993. augusztus 30.

Utilization of the Nutrient Contents of Organic Manure and Mineral Fertilizers in Long-term Experiments. I. Nitrogen

J. SARKADI

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences,
Budapest

Summary

In two long-term experiments carried out at Martonvásár on neutral and calcareous variants of a chernozem soil with forest residues, studies were made on the effects of stable manure, wheat straw, maize stalks and mineral fertilizers on plant yields and N contents in a maize-wheat diculture. Information is given on the main product and by-product yields during the period 1956-1991 and on parameters indicative of the variability in the N contents (Table 3). The statistical analysis of the reasons for this variability confirmed that the greatest deviations were caused by the year. Differences caused by variations in soil characteristics and forecrops were not significant, but significant differences were found for mean fertilizer effects and in some cases for differences between the varieties (Table 4). It could also be seen from the results that not only the yield average, but also the effect of mineral fertilization in improving plant N uptake was greater for up-to-date intensive wheat varieties than for the old extensive varieties (Table 5).

The apparent utilization of the N contents of organic manures and fertilizers, and the N fertilizer equivalent of the organic manures were estimated on the basis of the annually cumulated N surpluses taken up by the aboveground plant organs as compared to unfertilized conditions. These calculations show that the N fertilizer equivalent of roughly 40 t/ha stable manure applied every four years increased from an estimated 30-40% after the first four years to 50-70% after 16-20 years (Table 6, Figs. 1, 2, 3).

The data processed for the 36 years which have ensued since the experiments were set up confirm that on this type of chernozem soil, although the fertility of the soil can be maintained with mineral fertilization alone, the use of N fertilizer can be reduced to a considerable extent by means of regular stable manuring and to a lesser extent with straw manuring (Table 7).

Table 1. Crop order in the experiments (Martonvásár, 1956-1991). (1) Year. (2) Rotation. (3) Experiment 1.1. (4) Experiment 1.4. Crops: maize, spring barley, oats and vetch, winter wheat, spring wheat, Sudan grass.

Table 2. Nitrogen applied in organic and mineral fertilizers (kg N/ha/year) (Martonvásár, 1956-1991). a) Organic manure. b) Fertilizer. c) Total. A. Experiment 1.1, 1956-1991. B. Experiment 1.4. 1959-1990. C. Mean of Experiments 1.1 and 1.4. I = stable manure; Sz = wheat straw or maize stalks; M, m = fertilizers; *in 1959, 390 kg/ha peat bran N; in subsequent years, fertilizer only.

Table 3. Parameters characteristic of maize and wheat yields and N contents (Martonvásár, 1956-1991, in terms of 86% dry matter). (1) Parameter. a) Grain, t/ha; b) Stalk, t/ha; c) Cob, t/ha; d) Grain N %; e) Stalk N %; f) Cob N %; g) Specific N, kg/t; h) Extracted N, kg/ha; i) Straw, t/ha; j) Husks, t/ha; k) Straw N %; l) Husks N %. A. Maize. B. Winter wheat.

Table 4. Effect of treatments on maize and wheat yields and N contents (Martonvásár, 1956-1991, in terms of 86 % dry matter). a)-l) and A-B: see Table 3.

Table 5. Fertilizer effects of winter wheat varieties Bezostaya 1 and Mv 8 (Martonvásár, 1962-1987). (1) Mean of 1-8. (2) Surplus over the control. (3) $LSD_{5\%}$. A. Grain, t/ha. B. Straw + husks, t/ha. C. Grain N %. D. Specific N, kg/t. E. Extracted N, kg/ha/year.

Table 6. Cumulated apparent utilization of the N contents in the treatments (Martonvásár, years 1-32). (1) Treatment. (2) Experiment 1.1 (1956-1987). (3) Experiment 1.4 (1959-1990). (4) Mean of 1.1 and 1.4. A. Applied N, kg/ha/year. B. Extracted N, kg/ha/year. C. Extracted N surplus compared to \emptyset , kg/ha/year. D. Apparent utilization (100 extracted surplus/applied).

Table 7. N surpluses extracted over 32 years (kg/ha/year) (annual mean of experiments 1.1 and 1.4). (1) Treatment. y = measured value; y' : calculated from the equation $y' = 0.704x - 0.00183x^2$; $100y/y'$ = estimated fertilizer equivalent.

Fig. 1. Cumulated apparent N utilizations, averaged over the experiments. a) Fertilizer (Treatment M1); b) Stable manure. Horizontal axis: rotation.

Fig. 2. Cumulated N fertilizer equivalent of stable manure, averaged over the experiments. Horizontal axis: rotation.